云 南 植 物 研 究 2006，28 (4)：421～424
Acta Botanica Yunnanica

温度对轮叶马先蒿种子发芽的影响

李凯辉[1,2]，胡玉昆[1]，阿德力·麦地[1]，鲁春芳[1,2]，
于建梅[1,2]，柳妍妍[1,2]
(1 中国科学院新疆生态与地理研究所，新疆 乌鲁木齐 830011；2 中国科学院研究生院，北京 100039)

摘要：为遏止轮叶马先蒿 (*Pedicularis verticilata* L.) 对新疆巴音布鲁克草原畜牧业的发展的威胁。开展了恒温和变温条件下轮叶马先蒿种子发芽试验，共设计了 6 个处理。结果表明：1) 变温条件下的种子发芽率优于恒温，各处理每日种子发芽数目的变化均表现为先升高后下降。2) 较高和较低温度下，发芽率和发芽指数均较低。3) 在 5 月下半月变温 (14.76，20.9，6.31 和 4.01℃) 条件下，种子发芽率和发芽指数最高，分别为 76.9%和 18.1。因此，5 月下半月是遏止本地入侵种轮叶马先蒿扩散的关键时期。
关键词：草原；轮叶马先蒿；温度；发芽率；发芽指数
中图分类号：Q 945 **文献标识码**：A **文章编号**：0253-2700(2006)04-421-04

Impact of Temperature on Seed Germination of *Pedicularis verticilata* (Scrophulariaceae)

LI Kai-Hui[1,2]，HU Yu-Kun[1**]，Adeli·Maidy[1]，LU Chun-Fang[1,2]，
YU Jian-Mei[1,2]，LIU Yan-Yan[1,2]
(1 *Xinjiang Institute of Ecology and Geography*，*Chinese Academy of Sciences*，Urumqi 830011，China；
2 *The Graduate School of the Chinese Academy of Science*，Beijing 100039，China)

Abstract：Within recent years，*Pedicularis verticilata* L. have invaded in Bayanbulak grassland of XinJiang，and such invasion which is threatening grassland quality of livestock grazing in this region. Seed germinations of this species were examined based on six temperature treatments：constant temperature (treatment 1，28℃；treatment 2，from 17 to 20℃；treatment 3，from 9 to 16℃)；alternative temperature (treatment 4，9.66，10.21，0.15 and -0.83℃；treatment 5，14.76，20.9，6.31 and 4.01℃；treatment 6，26.17、29.58、5.19 and 0.75℃). The experiments results showed：1) Germination rate were higher in alternative temperature than in constant temperature and the germination trend showed an uni-modal patterns；2) Germination rate and germination index were lower in higher or lower temperature；3) Germination rate and germination index under the alternatively changed temperatures (average temperature of the latter half on May in this region recorded as 14.76，20.9，6.31 and 4.01℃) was the highest，respectively 76.9% and 18.1. Therefore，it is suggested that，the late May might be the also the important time period to prevent this species from invading native grassland.
Key words：Grassland；*Pedicularis verticilata*；Temperature；Germination rate；Germination index

轮叶马先蒿 (*Pedicularis verticilata* L.) 为玄参科马先蒿属植物，分布于北温带较寒冷地段、北极、欧洲大陆及北美西北部。在我国主要分布于东北、内蒙古、河北、四川和新疆等地 (米吉提等，2004)。

基金项目：新疆科技厅攻关计划项目 (200533122) 和新疆巴音郭楞蒙古自治州科技重大项目 (20054046) 资助
通讯作者：Author for correspondence. E-mail：huyk@ms.xjb.ac.cn
收稿日期：2005-10-21，2006-02-21 接受发表
作者简介：李凯辉 (1978-) 男，硕士，从事草地生态学研究。E-mail：likaihui@mails.gucas.ac.cn

新疆巴音布鲁克草原作为我国较大的高寒草原，由于长期过度放牧、鼠虫害和滥挖等引起草原植物多样性、盖度及土壤有机质降低和裸露地面斑点增多（张立运等，1999），为害草的成功侵入创造了较高的生境可入侵性。在原群落仅为偶见种成分的轮叶马先蒿，由于种子体积很小，且数量众多，因此具有极强的入侵性。据初步调查，轮叶马先蒿入侵的平均盖度为 30%，高者达 80%以上，中度入侵密度为 140 株 m^2，地上生物量占草群生物量的 40.8%。目前，轮叶马先蒿在新疆巴音布鲁克草原的分布和扩散面积已达 30 万亩，而且仍以每年 5 万亩以上的速度在增加。轮叶马先蒿种群的迅速膨胀，致使原优势种羊茅（*Festuca ovina*）、紫花针茅（*Stipa purpurea*）等优良牧草因生长不良而大片枯死，引起草地植物群落结构改变，群落发生逆向演替，直接威胁着当地畜牧业发展和牧民生活。

近些年来，马先蒿属植物研究主要涉及分类（杨汉碧，1990）、化学成分（刘自民等，1994）、结瘤固氮（王卫卫等，1996）、传粉特性（王红，1998）、地理分布（冯虎元，2000）和遗传变异（李文丽等，2005）等，而有关种子萌芽特性的研究未见报道。温度是影响种子萌芽的主要因子之一（杨慧玲等，2005），开展不同温度对轮叶马先蒿种子萌芽的研究，对于了解种子萌发特点、过程和规律十分重要。本文不仅是对轮叶马先蒿种子萌芽特性的研究，而且也是对草原植物入侵种研究的补充。不仅对生物入侵现象具有理论意义和科学价值，而且对于恢复和提高原优势种群的经济、生态功能，促进当地草地畜牧业的稳定发展具有重要的现实意义。

1　材料与方法

1.1　材料来源

2004 年 8 月下旬，在中国科学院巴音布鲁克草原生态研究站采得轮叶马先蒿种子。巴音布鲁克草原位于新疆天山南坡中段，地处东经 82°27′～86°17′，北纬 42°18′～43°34′。年均温度 -4.8℃，1 月最低温度 -48℃，7 月最高温度 28℃。由大、小尤尔都斯盆地和丘陵草场组成，四周环山，总面积约 238 万 hm^2，海拔在 2 340～4 618 m 之间。

1.2　试验方法

恒温箱：处理 1（28℃），处理 2（17～20℃），处理 3（9～16℃）。植物生长室：处理 4（变温，巴音布鲁克草原 5 月上半月土壤表面温度：9.66℃、10.21℃、0.15℃和 -0.83℃），处理 5（变温，5 月下半月土壤表面温度：14.76℃、20.9℃、6.31℃和 4.01℃），处理 6（变温，6 月上半月土壤表面温度：26.17℃、29.58℃、5.19℃和 0.75℃）。每个处理设 10 个重复，每个重复即每个培养皿的滤纸上均匀放置 100 粒轮叶马先蒿种子。本试验自 2004 年 10 月至 2005 年 3 月在中国科学院新疆生态与地理研究所中心实验室进行。

1.3　数据处理

用 SPSS11.0 统计分析软件对数据进行处理，利用软件包的 Correlate 模块对温度与发芽率进行相关性分析，采取单因素方差分析和最小显著差法（Least-Significant Difference）对不同温度处理的种子发芽率和发芽指数进行显著性检验，分析结果以平均值（Mean）±标准误差（SE）表示。发芽指数 $Gi = \sum Gt\ Dt$，其中 Gt 为在 t 日的发芽数、Dt 为相应的发芽天数。

2　结果与分析

2.1　种子特征描述

轮叶马先蒿种子颜色为黑色或紫色，形状多为卵形或长圆形。经测定：株高 30～40 cm 的植株，可生成种子 1 200～1 600 粒。株高 50～60 cm 的植株，可生成 1 200～2 000 粒种子。株高低于 30 cm 的植株，也可生成种子 600～1 000 粒。种子千粒重为 0.64±0.02 g，纯净度为 58.33%±5.55%。

2.2　温度对发芽数目的影响

温度与种子每日发芽数目的结果表明（图 1）：各处理每天的发芽数目均表现为先升高后下降。恒温条件下：处理 1 和处理 3 的发芽数目在发芽后的第 2 天达到峰值，分别为 5 个和 21 个。处理 2 在发芽当天便达到峰值，为 14 个。变温条件下：处理 5 和处理 6 在发芽后的第 2 天达到峰值，分别为 21 个和 22 个。处理 4 在发芽后的第 1 天便达到峰值，为 7 个。

2.3　发芽率和发芽指数的变化

发芽率在不同温度条件下表现出一定的差异（图 2）。恒温条件下：处理 1 的发芽率最低，为 22.1%。处理 2 和处理 3 的发芽率处于中等水平，分别为 45.0%和 41.0%。变温条件下：处理 4 的发芽率较低，为 33.6%。处理 5 和处理 6 的发芽率较高，分别为 76.9%和 72.4%，二者与其它处理表现出极显著差异（$P < 0.01$，表 1）。

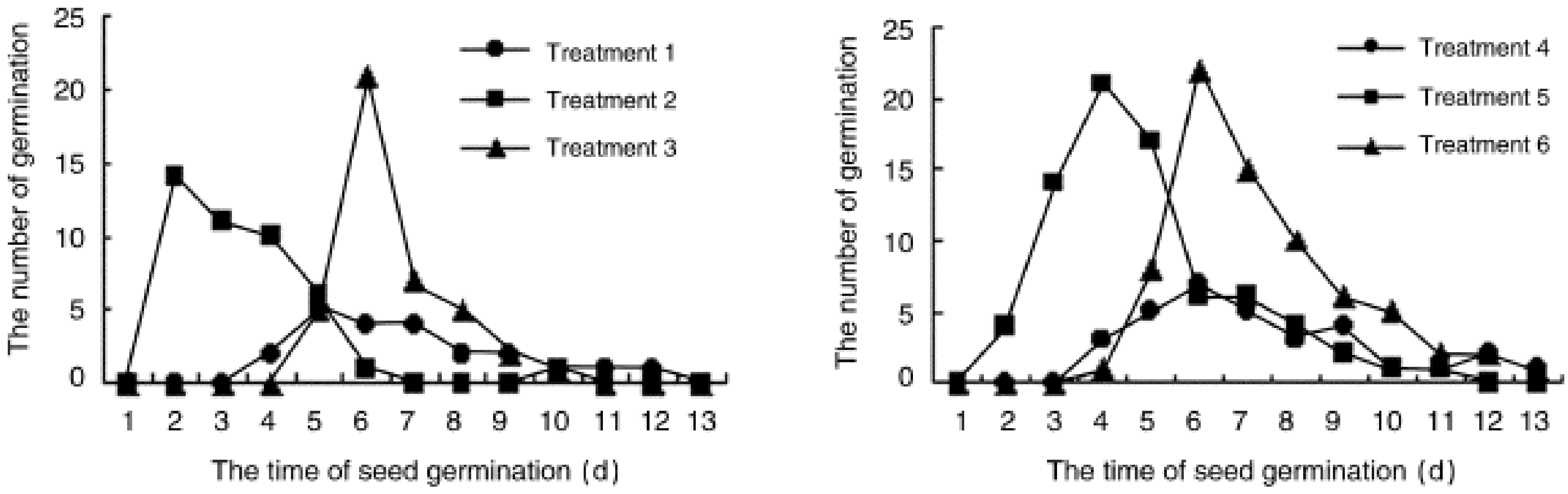

图 1　不同处理对轮叶马先蒿种子发芽数目的影响

Fig . 1　Impact of different treatments on the number of seed germination of *Pedicularis verticilata* L .

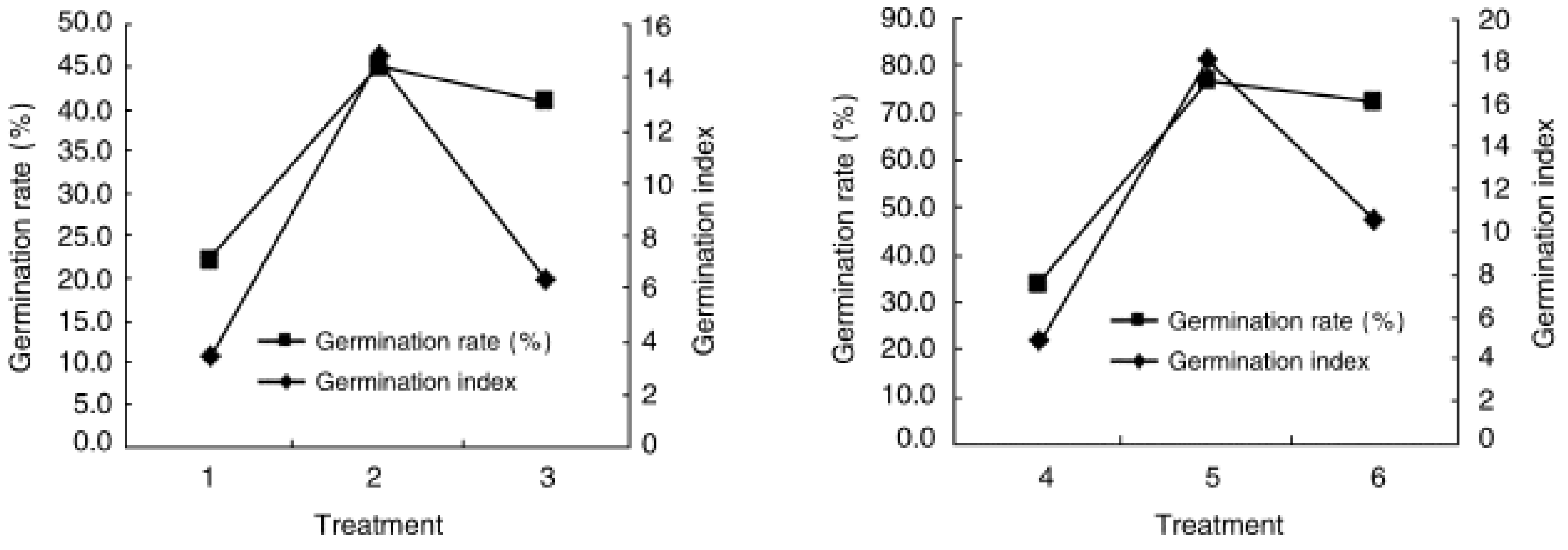

图 2　轮叶马先蒿种子发芽率和发芽指数在不同温度下的变化

Fig . 2　Change of seed germination rate and index of *Pedicularis verticilata* L . in different temperature

发芽指数的变化与发芽率略有不同，恒温条件下：处理 1 的发芽指数最小，为 3.5。处理 2 和处理 3 的发芽指数分别为 14.8 和 6.4。变温条件下：处理 4 的发芽指数较低，为 5。处理 6 的发芽指数处于中等水平，为 10.6。处理 5 的发芽指数最高，为 18.1。显著性检验表明（表 1）：处理 5 的发芽指数与其余各处理差异极显著（$P < 0.01$）。

表 1　温度处理对轮叶马先蒿种子发芽率和发芽指数的影响

Table 1　Effect of temperature treatment on seed germination rate and index of *Pedicularis verticilata* L .

处理 Treatment	发芽率 (%) Germination rate (%)	差异显著性 Significance of difference		发芽指数 Germination index	差异显著性 Significance of difference	
	Mean±SE	0.05	0.01	Mean±SE	0.05	0.01
处理 Treatment 1	22.1±1.3	a	A	3.5±0.2	a	A
处理 Treatment 2	45.0±6.5	b	B	14.8±2.9	b	B
处理 Treatment 3	41.0±3.6	bc	BC	6.4±0.5	c	C
处理 Treatment 4	33.6±2.4	c	C	5±0.4	c	C
处理 Treatment 5	76.9±1.2	d	D	18.1±0.5	d	D
处理 Treatment 6	72.4±1.7	d	D	10.6±0.3	e	E

3　小结与讨论

变温条件下的种子发芽率优于恒温。较高恒温下的发芽率最低（22.1%），较低的恒温虽能提高种子的发芽率，但最高也仅为 45%。变温下的发芽率较高，处理 5 和处理 6 分别为 76.9% 和 72.4%。不同温度处理下，每日发芽数目变化均表现为先升高

后下降，峰值出现在发芽后的第1或第2天。

较高和较低温度下，种子的发芽率和发芽指数均较低。在变温模拟5月上半月温度条件下，此时是牧草返青时期，种子在低温下的发芽率和发芽指数较低。在较高恒温条件下，种子发芽率和发芽指数最低。

在变温模拟5月下半月温度条件下，温度升高使种子具有较强的萌发能力，发芽率和发芽指数最高，在自然环境条件下能快速入侵和定居。因此，5月下半月是轮叶马先蒿种子发芽的最活跃时期，也是采取相应措施控制其扩散的关键时期。

一个物种成功入侵新的生境，应具备一定的生物学和生态学基础。首先，物种自身需要有足够的入侵性。其次，入侵的生境具有较高的可入侵性（黄建辉等，2003)。轮叶马先蒿种子数量大、体积小，易于被水、风和动物传播，以及在适宜温度下的高萌芽能力，使其具有较强的入侵性。在新疆巴音布鲁克草原，频繁干扰致使物种多样性、群落盖度和有机质降低，提高了生境的可入侵性。因此，轮叶马先蒿能快速入侵和扩散，成为该地区重要的本地入侵种。

轮叶马先蒿作为本地入侵种在新疆巴音布鲁克草原扩散及造成的危害已越来越被人们所关注，但我们对它的认识及研究却远远落后于它的扩散及其所造成危害的增长速率。开展轮叶马先蒿种子萌芽的研究，将会为下一步的生物、化学防治提供一定的理论基础，具有重要的生态学意义和现实意义。

〔参 考 文 献〕

米吉提，潘晓玲，2004. 新疆植物志（第四卷）[M]. 乌鲁木齐：新疆科学技术出版社，407—420

Feng HY（冯虎元），An LZ（安黎哲），Feng GN（冯国宁），2000. Species and dstribution of *Pdicularis* L. from Gansu [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*（西北植物学报），20 (1)：106—113

Huang JH（黄建辉），Han XG（韩兴国），Yang QE（杨亲二），*et al*，2003. Fundamentals of invasive species biology and ecology [J]. *Biodiversity Science*（生物多样性），11 (3)：240—247

Li WL（李文丽），Gao LM（高连明），Wang H（王红），*et al*，2005. Genetic variation on five populaitons *Pedicularis rex* (Scrophulariaceae) in Yunnan [J]. *Acta Bot Yunnan*（云南植物研究），27 (3)：253—260

Liu ZM（刘自民），Wang CZ（王长增），Jia ZJ（贾忠建），*et al*，1994. Chemical constituents from *Pedicularis striat* [J]. *J Lanzhou Univ*（兰州大学学报），30 (2)：62—65

Wang H（王红），1998. The pollination syndrome of *Pedicularis rex* (Scrophulariaceae) and its biogeographic significance [J]. *Acta Bot Sin*（植物学报），40 (9)：781—785

Wang WW（王卫卫），Guan GL（关桂兰），Kong AQ（孔爱琴），*et al*，1996. On nodulation and nitrogen fixation of *Pedicularis dolichorrihiza* in Minle，Gansu [J]. *Arid Zone Research*（干旱区研究），13 (2)：81—83

Yang HB（杨汉碧），1990. New taxa of *Pedicularis* from the Hengduan Mountains [J]. *Acta Phytotax Sin*（植物分类学报），28 (2)：136—144

Yang HL（杨慧玲），Liu JQ（刘建全），2005. Seed Germination of *Swertia mussotii*，an important application in Tibetan folk medicine [J]. *Acta Bot Yunnan*（云南植物研究），27 (3)：295—300

Zhang LY（张立运），Dao LT（道来提），1999. The characteristics of alpine grassland and its rational utilization in Tianshang Mts [J]. *Arid Zone Research*（干旱区研究），16 (3)：33—40